

20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

158 = 155



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 199 44 733 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
H 02 N 2/06

21 Aktenzeichen: 199 44 733.0  
22 Anmeldetag: 17. 9. 1999  
43 Offenlegungstag: 29. 3. 2001

DE 199 44 733 A 1

71 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:  
Schrod, Walter, 93057 Regensburg, DE

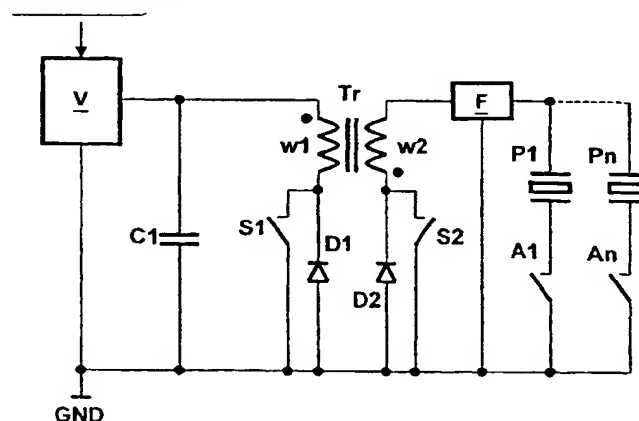
56 Entgegenhaltungen:  
DE 44 35 832 A1  
US 55 43 679  
US 54 79 062  
US 51 30 598  
JP 04-1 25 083 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes

57 Ein kapazitives Stellglied P1 wird von einem geladenen Ladekondensator C1 über einen Transformator Tr geladen, indem ein primärseitig angeordneter Ladeschalter S1 mit pulsweiten-modulierten Steuersignalen bestimmter Spannung, Frequenz und Tastverhältnis beaufschlagt werden. Dauer, Höhe und Verlauf der Stellgliederspannung Up können dabei beliebig gewählt werden. Auf gleiche Weise kann das Stellglied entladen werden.



DE 199 44 733 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes, insbesondere für ein Kraftstoffeinspritzventil einer Brennkraftmaschine, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei bekannten Vorrichtungen zum Ansteuern kapazitiver Stellglieder erfolgt der Ladevorgang als Umschwingvorgang der Ladung von einer Ladungsquelle über eine Umladespule zum Stellglied, wobei die Induktivität der Umladespule zusammen mit den Kapazitäten der Ladungsquelle und des Stellgliedes die Zeitkonstante für den Lade- und Entladevorgang (die Lade- und Entladezeit) bestimmt.

Aus US 5,130,598 ist eine Vorrichtung zum Ansteuern eines kapazitiven Stellgliedes bekannt, bei welcher ein Piezo-Stellglied von einer Energiequelle über einen Ladeschalter und eine Spule mit von dem durch das Stellglied fließenden Strom und der an ihm anliegenden Spannung abhängigen Spannungsimpulsen geladen und entladen wird. Die Energiequelle muß wenigstens eine der maximalen Stellgliedspannung entsprechende Spannung liefern können, was sie zusammen mit der aufwendigen Schaltung sehr kostenintensiv macht.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes zu schaffen, welche mit einer wesentlich einfacheren und kostengünstigeren Schaltung auskommt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat den Vorteil, daß die Energiequelle eine wesentlich geringere Spannung als die am Stellglied benötigte Spannung erzeugen muß, und daß die Lade- und Entladedauer, die Spannung  $U_p$  am Stellglied, um einen bestimmten Hub zu erzeugen, sowie der Lade- und Entladeverlauf der Stellgliedspannung  $U_p$  beliebig festgelegt werden können.

Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist im folgenden unter Bezugnahme auf die schematische Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2 ein Diagramm der Ansteuersignale und der sich ergebenden Stellgliedspannung, und

Fig. 3 ein Schaltbild einer erweiterten Vorrichtung.

Die in Fig. 1 dargestellte Prinzipschaltung einer Vorrichtung zum Ansteuern von kapazitiven Stellgliedern P1 bis Pn, beispielsweise für Kraftstoffeinspritzventile einer Brennkraftmaschine, wird von einer Energiequelle versorgt, welche in diesem Ausführungsbeispiel aus einem von einer Bordnetzspannung gespeisten DC/DC-Wandler V mit einstellbarer Ausgangsspannung und einem auf dessen jeweilige Ausgangsspannung aufgeladenen Ladekondensator C1 besteht.

Parallel zum Ladekondensator C1 liegt eine Reihenschaltung der Primärspule w1 eines Transformators Tr und eines Ladeschalters S1. Zwischen Bezugspotential GND und dem mit dem Ladeschalter S1 verbundenen Anschluß der Primärspule w1 ist eine vom Bezugspotential GND zur Primärspule w1 hin stromleitende Diode D1 angeordnet.

Der eine Anschluß der Sekundärspule w2 des Transformators Tr ist über einen Entladeschalter S2 mit dem Bezugspotential GND verbunden, wobei zwischen Bezugspotential GND und dem mit dem Entladeschalter S2 verbundenen Anschluß der Sekundärspule w2 eine vom Bezugspotential GND zur Sekundärspule w2 hin stromleitende weitere Diode D2 angeordnet ist.

Zwischen dem anderen Anschluß der Sekundärspule w2 und Bezugspotential GND ist das anzusteuernende kapazitive

Stellglied angeordnet. Sind mehrere Stellglieder vorgesehen, wie in Fig. 1 dargestellt, so sind diese parallel zueinander angeordnet, wobei mit jedem Stellglied P1 bis Pn ein mit Bezugspotential GND verbundener Auswahlsschalter A1 bis An in Reihe geschaltet ist.

Zwischen der Sekundärspule w2 und dem Stellglied bzw. den Stellgliedern ist in weiterer Ausgestaltung der Erfindung ein Filter F, beispielsweise ein Tiefpaßfilter, angeordnet.

Die Steuersignale des Ladeschalters S1, des Entladeschalters S2, der Auswahlsschalter A1 bis An und das Steuersignal zum Einstellen der Ausgangsspannung des DC/DC-Wandlers V werden von einer nicht dargestellten Steuerungsschaltung ausgegeben, die Teil eines Motorsteuergeräts sein kann.

Die beschriebene Vorrichtung zum Ansteuern eines Stellgliedes, hier des Stellgliedes P1 (die Ansteuerung weiterer Stellglieder erfolgt in gleicher Weise), in dieser einfachen Form arbeitet folgendermaßen:

In einem Anfangszustand sind alle kapazitiven Stellglieder P1 bis Pn entladen, sind alle Schalter S1, S2 und A1 bis An nichtleitend, und ist der Ladekondensator C1 auf eine vorgegebene Ausgangsspannung des DC/DC-Wandlers V aufgeladen.

Die Ansteuersignale für den Ladeschalter S1, den Entladeschalter S2 und den Auswahlsschalter A1 sowie die daraus resultierende Stellgliedspannung  $U_p$  sind in Fig. 2 dargestellt.

Wenn das Stellglied P1 geladen werden soll, wird der Auswahlsschalter A1 im Zeitpunkt des Ladebeginns leitend gesteuert. Er bleibt bis über den Zeitpunkt t4, in welchem das Stellglied P1 wieder entladen ist, leitend.

Zum Aufladen des Stellgliedes wird der Ladeschalter S1 mit vorgegebener Frequenz und vorgegebenem Tastverhältnis im Pulsbetrieb mit einer vorgegebenen Zahl von Pulsweitenmodulierten Signalen bei der vorgegebenen Ladespannung angesteuert. Während des leitenden Zustandes des Ladeschalters S1 steigt der Strom durch die Primärspule w1 an und wird im Zeitpunkt t1 durch Öffnen (nichtleitendsteuern) des Ladeschalters S1 abgebrochen.

In dieser nichtleitenden Phase der Primärseite fließt über die Sekundärwicklung w2 bei einem dem Windungsverhältnis  $w2/w1$  entsprechenden Strom eine impulsförmige Spannung, die in dem Filter F geglättet wird, und lädt das Stellglied P1 mit jedem Strompuls weiter auf, bis im Zeitpunkt t2 nach der vorgegebenen Zahl von Pulsen eine vorgegebene Stellgliedspannung  $U_p$  in etwa erreicht ist. Der Sekundärkreis wird beim Laden des Stellgliedes über den Auswahlsschalter A1 und die Diode D2 geschlossen.

Die Ladezeit  $t2-t1$ , die beispielsweise zwischen 100  $\mu s$  und 200  $\mu s$  betragen kann, kann je nach Tastverhältnis variiert werden, wobei die Zahl der Pulse der gewünschten Stellgliedspannung  $U_p$  anzupassen ist.

Die Entladung des Stellgliedes ab dem Zeitpunkt t3 erfolgt ebenfalls mit Pulsweiten-modulierten Signalen dadurch, daß der Entladeschalter S2 pulsförmig leitend und nichtleitend gesteuert wird, wodurch die Stellgliedspannung  $U_p$  sinkt und im Zeitpunkt t4 zu null wird. Die Entladezeit  $t4-t3$  kann ebenfalls je nach Tastverhältnis variiert werden. Dabei fließt der Strom vom Stellglied über das Filter F, die Sekundärspule w2, den Entladeschalter S2 und den Auswahlsschalter A1 zurück zum Stellglied.

Bei jedem Öffnen des Entladeschalters S2 wird ein Teil der Entladeenergie auf die Primärseite des Transformators Tr übertragen und in den Ladekondensator C1 rückgespeichert. Der Primärstromkreis schließt sich über die Diode D1.

Dieser gesteuerte Betrieb ist unbefriedigend, weil infolge

von Temperaturänderungen und Toleranzen der Schaltung, insbesondere des Transformators, die Ladespannung bzw. Ladeenergie oder Ladung, und damit der Hub des Stellgliedes nur näherungsweise bestimmt werden kann.

Aus diesem Grund sind in der erweiterten Schaltung nach Fig. 3 eine erste und eine zweite Meßeinrichtung in Form zweier Strommeßwiderstände R1 und R2 jeweils zwischen Ladeschalter S1 bzw. Entladeschalter S2 und Bezugspotential GND eingefügt, so daß mittels der am Meßwiderstand R1 abfallenden Spannung der zu ihr proportionale primäre Ladestrom und mittels der am Meßwiderstand R2 abfallenden Spannung der zu ihr proportionale sekundäre Entladestrom in der nicht dargestellten Steuerschaltung gemessen und danach die Auf- oder Entladung des Stellgliedes eingeregelt werden kann.

Auch die Stellgliedspannung Up kann gemessen und mit vorgegebenen Schwellwerten verglichen werden. Die Stellgliedspannung Up läßt erkennen, wann ein Stellglied auf eine einer bestimmten bzw. Ladung oder einem bestimmten Hub zugeordnete Spannung aufgeladen ist. Sie kann auch zum Nachladen eines Stellgliedes während einer längeren Haltephase (zwischen Laden und Entladen) benutzt werden, wenn sich das Stellglied über parasitäre Widerstände langsam selbst entlädt.

Die Dioden D1 und D2 können dabei, wie in Fig. 2 als Lösung a angegeben, parallel zur Reihenschaltung aus Lade- bzw. Entladeschalter S1, S2 und Meßwiderstand R1 bzw. R2 angeordnet sein; sie können aber auch nur parallel zum Lade- bzw. Entladeschalter S1, S2 und in Reihe mit dem jeweiligen Meßwiderstand R1, R2, wie als Lösung b eingezeichnet, angeordnet sein. Damit ist es möglich, über den Meßwiderstand R1 den Ladestrom primärseitig zu messen und ggf. durch Vergleich mit vorgegebenen Schwellwerten auf bestimmte Werte zu begrenzen; über den Meßwiderstand R2 kann der Entladestrom sekundärseitig gemessen werden.

Soll auch oder alternativ der Ladestrom sekundärseitig gemessen werden, so kann dazu eine dritte Meßeinrichtung, ein Meßwiderstand R3 verwendet werden, der zwischen dem Bezugspotential und einem gemeinsamen Verbindungspunkt aller Auswahlschalter A1 bis An angeordnet ist, wie in Fig. 3 als Lösung c dargestellt ist.

Zur sekundärseitigen Messung des Ladestroms könnte auch die zweite Meßeinrichtung – Meßwiderstand R2 – herangezogen werden, an der aber in diesem Fall eine negative Spannung abfällt, wozu eine aufwendigere Meßschaltung erforderlich wäre.

Mit dieser Schaltung können nun abhängig von den genannten, gemessenen Größen mittels Konstantwerten oder durch Variation der Ladekondensatorschaltung, der Frequenz und des Tastverhältnisses der Pulsweiten-modulierten Steuersignale (letzteres auch über die Vorgabe von Stromschwellwerten für den Vergleich mit dem mittels der Meßwiderstände R1 und R2 ermittelten Lade- oder Entladestrom und mittels der Abfolge – kontinuierliche Pulsfolge oder Auslassen einzelner Pulse – für den Lade- und Entladeschalter S1 und S2) alle möglichen Formen und Dauern der Lade- und Entladekurve der Stellgliedspannung Up für jedes einzelne Stellglied dargestellt werden. Jedes Stellglied kann mit einem jeweils vorgegebenen, konstanten Energie- oder Ladungsbetrag, mit einem an die temperaturabhängige Kapazität des jeweiligen Stellgliedes angepaßten Energie- oder Ladungsbetrag oder mit einem einen gewünschten Hub des jeweiligen Stellgliedes bewirkenden Energie- oder Ladungsbetrag angesteuert werden.

Außerdem können auf diese Weise Eigenheiten und Toleranzen der Schaltung, beispielsweise Kerneigenschaften des Transformators Tr, kompensiert werden.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes, insbesondere für ein Kraftstoffeinspritzventil einer Brennkraftmaschine, mit einem von einer Energiequelle (V) auf eine bezüglich eines Bezugspotentials (GND) vorgegebene Spannung aufladbaren Ladekondensator (C1), **dadurch gekennzeichnet**, daß parallel zum Ladekondensator (C1) eine Reihenschaltung der Primärspule (w1) eines Transformators (Tr) und eines Ladeschalters (S1) angeordnet ist, daß der eine Anschluß der Sekundärspule (w2) des Transformators (Tr) über einen Entladeschalter (S2) mit dem Bezugspotential (GND) verbunden ist, daß parallel zur Reihenschaltung aus Sekundärspule (w2) und Entladeschalter (S2) ein kapazitives Stellglied (P1) oder je eine Reihenschaltung aus einem Stellglied (P1 bis Pn) und einem ihm zugeordneten Auswahlschalter (A1 bis An) angeordnet ist, und daß parallel zum Ladeschalter (S1) eine vom Bezugspotential (GND) weg stromleitende Diode (D1) und parallel zum Entladeschalter (S2) eine vom Bezugspotential (GND) weg strömleitende Diode (D2) geschaltet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Sekundärspule (w2) und dem wenigstens einen Stellglied (P1 bis Pn) ein elektrisches Filter (F) angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Ladeschalter (S1) und Bezugspotential (GND) eine erste Meßeinrichtung (R1) zur Bestimmung des primären Ladestroms geschaltet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Entladeschalter (S2) und Bezugspotential (GND) eine zweite Meßeinrichtung (R2) zur Bestimmung des sekundären Entladestroms geschaltet ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in Reihe mit dem einen Stellglied (P1) oder zwischen dem Verbindungspunkt aller Auswahlschalter (A1 bis An) und dem Bezugspotential (GND) eine dritte Meßeinrichtung (R3) zur Bestimmung des sekundären Ladestroms geschaltet ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Ladeschalter (S1) für die Dauer (t2-t1) der Ladung und der Entladeschalter (S2) für die Dauer (t4-t3) der Entladung mit pulswerten-modulierten Signalen mit vorgegebener Frequenz und vorgegebenem Tastverhältnis angesteuert werden.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Tastverhältnis der Ansteuersignale für den Ladeschalter (S1) oder den Entladeschalter (S2) dadurch bestimmt wird, daß der Ladeschalter (S1) bzw. der Entladeschalter (S2) so lange leitend ist, bis ein in der ersten oder zweiten Meßeinrichtung (R1, R2) gemessener Strom einen vorgegebenen Wert erreicht.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung des Ladeschalters (S1) so lange dauert, bis das zu ladende Stellglied (P1 bis Pn) eine einem bestimmten Energiebetrag oder einem bestimmten Hub zugeordnete Stellgliedspannung (Up) oder Stellgliedladung erreicht.
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung bestimmter Lade- oder Entladedauern (t2-t1, t4-t3) und

Lade- oder Entladekurven der Stellgliederspannung ( $U_p$ ) neben der Vorgabe der Spannung am Ladekondensator ( $C_1$ ), der Frequenz und des Tastverhältnisses der Ansteuersignale für den Lade- und den Entladeschalter ( $S_1, S_2$ ) auch einzelne Ansteuerimpulse für den Lade- oder den Entladeschalter ( $S_1, S_2$ ) ausgeblendet werden.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

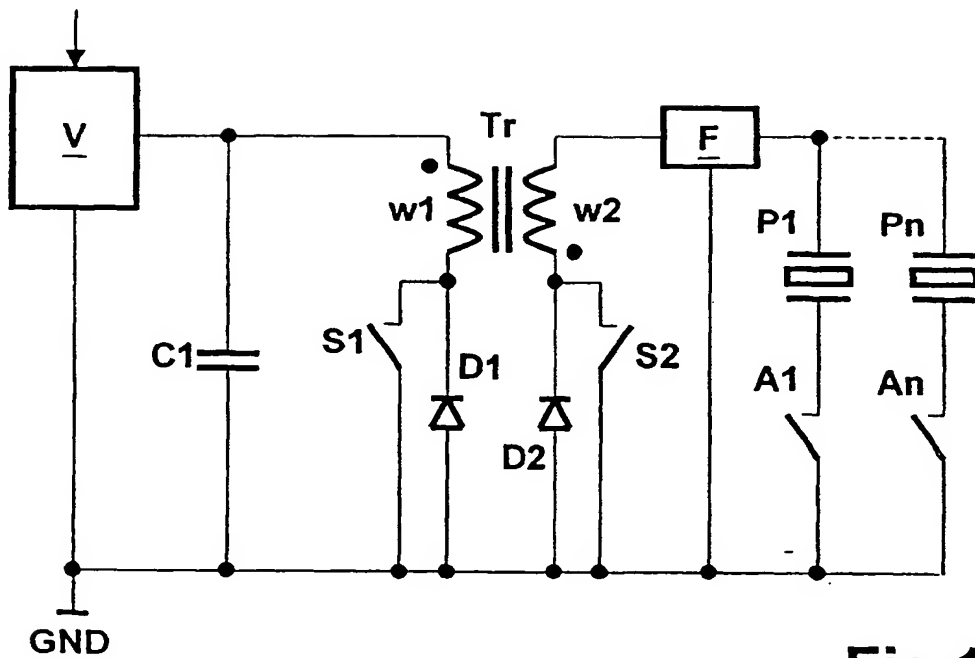


Fig 1

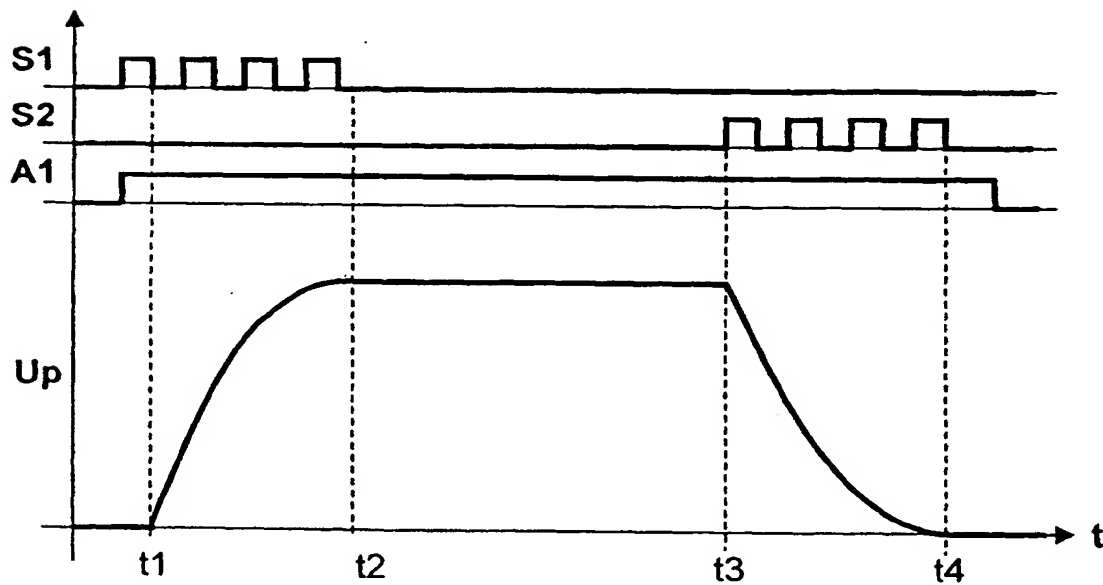


Fig 2

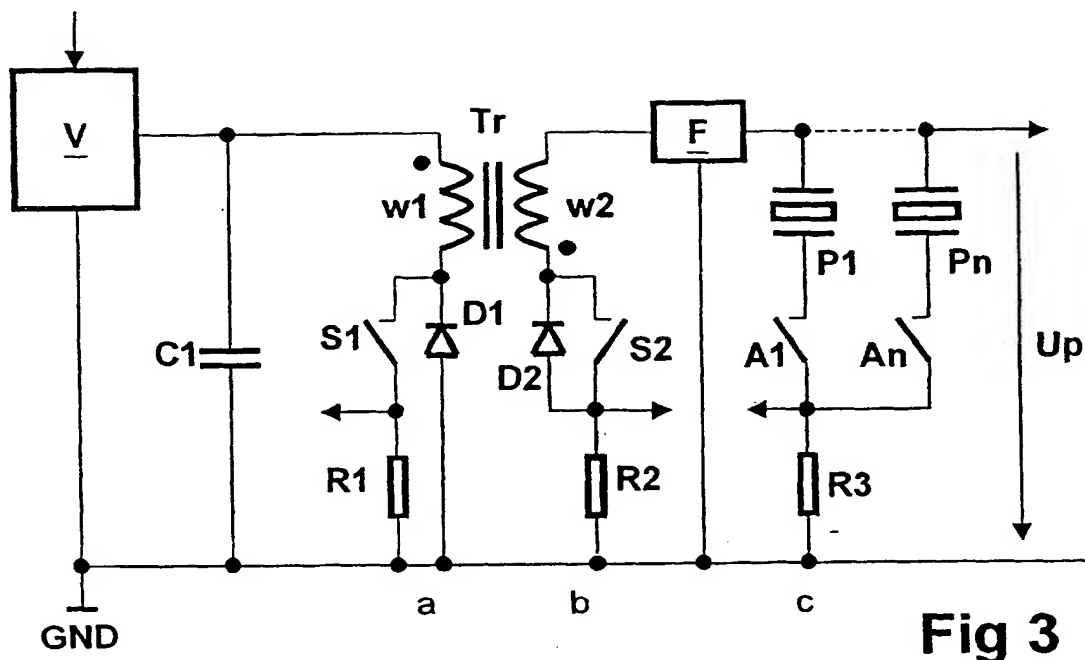


Fig 3